第 8 卷 第 2 期
2002 年 6 月

黄 金 地 质
GOLD GEOLOGY

Vol. 8 No. 2
Jun., 2002

甘肃阳山特大型金矿床地质特征及成因

郭俊华[1]，齐金忠[2]，孙 彬[1]，余金元[1]，袁士松[2]
(1. 武警黄金第十二支队，四川 成都 610036；2. 武警黄金地质研究所，河北 廊坊 065000)

摘要：阳山金矿为近年发现的一特大微细浸染型金矿床，已发现 4 个矿段，均赋存于泥盆系地层中。矿体在平面上呈舒缓波状，剖面上为脉状、似层状。矿石中金属矿物主要为黄铁矿和毒砂，金主要以微细粒 (2～3 μm) 包裹于毒砂、黄铁矿等矿物之中。矿石中 As、Sb 及 $C_{有机}$ 含量较高，并且 Au 与 Ag、As、Hg、Sb 等低温热液元素相关性明显。对矿床地质地球化学特征的研究表明，赋矿围岩为一套 Au 含量较高的 C、Si、泥质沉积，在沉积成岩及印支期区域浅变质过程中 Au 被初步富集，其后又叠加了燕山早期岩浆、热液活动，使 Au 进一步富集，从而形成了阳山叠加改造型微细浸染型金矿。

关键词：金矿床；地质特征；矿床成因；甘肃
中图分类号：P618.51 **文献标识码**：A **文章编号**：1006-558X (2002) 02-0015-05

阳山金矿位于川陕甘交界地带，在大地构造位置上处于扬子板块以北、中朝板块以南、松藩—甘孜褶皱系以东的三角区内，属西秦岭南亚带。该区原以开采砂金为主，20 世纪 80 年代以后，陆续发现了大水、坪定、拉尔玛、东北寨、联合村等一系列岩金矿床。1997 年，武警黄金第十二支队在进行水系沉积物测量时发现了阳山金矿。目前，该矿床控制的 Au 资源量已达 108 $\times 10^3$ kg，为特大型金矿床。

1 成矿地质背景

区内出露的地层主要有元古宇碧口群白云岩、灰岩、硅质岩、千枚岩、板岩及绿片岩等；泥盆系砂岩、板岩、千枚岩、灰岩、含铁石英岩等；石炭系和二叠系灰岩、白云岩、砂岩、板岩等。此外，还零星出露三叠系、侏罗系地层，以碎屑岩为主 (图 1)。其中，泥盆系三河口组为阳山金矿床的主要围岩，其特征与杜乐天[1]描述的 C、Si、泥质沉积较为一致，推测为一套热水沉积。

矿床位于玛曲—略阳深大断裂南侧，矿区以文县弧形构造为主，它由一系列近于平行的断裂构成，包括松柏—黎坪、安昌河—观音坝、马家磨—魏家坝、白马—临江断裂。阳山金矿即位于安昌河—观音坝断裂带中，该断裂呈 NEE 走向，N 倾，倾角 50～70°，长 30 km，宽数百至数千米。断裂带内褶皱较为发育，而且，在褶皱翼部有一系列次级层间剪切带或断裂伴生，其产状与地层产状近于一致，金矿体主要赋存于上述次级层间剪切带或断裂中。

区内小岩株和岩脉沿构造破碎带产出，其岩性主要为浅成的花岗岩类，包括中细粒斜长花岗斑岩、细粒黑云二长花岗斑岩、花岗细晶岩以及霏细斑岩等。岩石 SiO_2 含量较高 (69.85 %～80.77 %，平均 73.88 %)，

收稿日期：2002-03-20。李莉编辑。
作者简介：郭俊华 (1968-)，男，四川达县人，武警黄金第十二支队工程师，大专，从事金矿地质工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

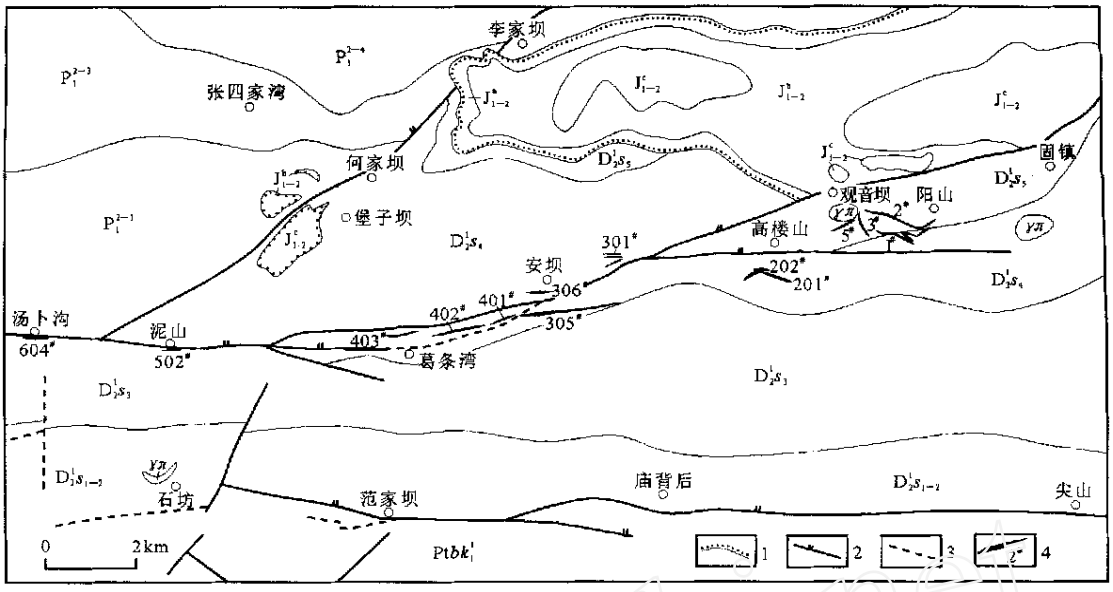


图 1 甘肃阳山金矿带地质简图

J^c_{1-2}、J^b_{1-2}、J^a_{1-2}—中、下侏罗统；P^{2-4}_1、P^{2-3}_1、P^{2-1}_1—下二叠统；$D^1_2s_5$、$D^1_2s_4$、$D^1_2s_3$、$D^1_2s_{1-2}$—中泥盆统三河口组第四、第三、第二、第一岩性段；Pt bk^1_1—元古宇碧口群；γπ—斜长花岗斑岩；1—不整合面；2—断层；3—推测断层；4—金矿体及编号

里特曼指数（δ）较低，一般为 0.3～0.4，属钙性系列。在 Q—A—P 三角图上，岩石化学成分有连续变化的特征。其中，斜长花岗斑岩脉在矿区出露最为普遍，与金矿体关系也最为密切。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

阳山金矿带东起固镇，西至堡子坝，全长 12 km，分为 4 个矿段，即阳山、高楼山、安坝和葛条湾矿段，共发现 49 条金矿脉，其中规模最大的 305#、314# 矿脉均位于安坝矿段（图 1）。305# 脉位于安坝背斜南翼的破碎带中，由碎裂岩化、黄铁矿化千枚岩及斜长花岗斑岩组成，矿脉在平面上为舒缓波状，在剖面上为脉状，总体走向 NEE，倾向 N，倾角 45～70°，仅圈定了 1 条矿体，长 1 800 m，控制斜深 440 m，平均厚度 5.58 m，平均品位 7.06×10^{-6}，计算 Au 资源量为 56 133 kg。314# 脉平行于 305# 脉并位于其上盘，也圈定 1 条矿体，长 2 100 m，控制斜深 330 m，平均厚度 5.61 m，平均品位 5.52×10^{-6}，计算 Au 资源量为 27 570 kg。

2.2 矿石特征

2.2.1 矿石类型 矿区矿石按氧化程度可分为原生和氧化矿石，以前者为主。按矿石原岩类型又可将矿石分为蚀变砂岩型、蚀变千枚岩型、蚀变灰岩型和蚀变脉岩型 4 种，其中以黄铁矿化蚀变千枚岩和黄铁矿化蚀变斜长花岗斑岩型矿石为主。

2.2.2 矿石矿物成分特征 矿石中金属矿物种类较多，有自然金、银金矿、毒砂、黄铁矿、辉锑矿，其次有钛铁矿、钒钛磁铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、白铁矿、硫锑铅矿、软锰矿、硬锰矿、褐铁矿等。其中主要为细粒（粒径小于 2 mm）黄铁矿和毒砂，并且毒砂含量略高于黄铁矿。

镜下统计分析结果表明，矿石中金矿物

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

以自然金为主，其次为银金矿。金矿物主要赋存于毒砂、褐铁矿、辉锑矿和粘土矿物中，有 3 种赋存状态：1) 主要以包裹体形式赋存于毒砂、褐铁矿和粘土矿物中，占镜下统计数的 75.46 %；2) 以裂隙金赋存于黄铁矿和褐铁矿的微裂隙中，占统计数的 11.82 %；3) 以粒间金赋存于粘土矿物中 (12.72 %)，金矿物嵌布粒度细微，镜下见到的最大金矿物颗粒仅 5～6 μm，大部分在 2～3 μm 或更小。

矿石中主要非金属矿物有石英、绢云母、方解石、白云石、长石，次有高岭土、绿泥石、叶腊石、绿帘石、重晶石、雄黄、石榴子石；微量矿物有锆石、电气石、透辉石、臭葱石、萤石等。

2.2.3　矿石化学成分特征　多元素化学分析结果表明[2]，矿石中除 Au 外，还含一定量的 Sb (10.4×10^{-6}～299.0×10^{-6})、Ag (0.1×10^{-6}～0.8×10^{-6})、Cu (17.5×10^{-6}～35.2×10^{-6})、Pb (30.5×10^{-6}～59.3×10^{-6})、Zn (41.7×10^{-6}～94.0×10^{-6}) 等，但不具备综合利用价值；矿石中 As (0.19×10^{-2}～1.07×10^{-2})、$C_{有机}$ (0.07×10^{-6}～2.22×10^{-6}) 含量偏高，对选矿不利；原生矿石比氧化矿石 Au 品位要高，显示矿石向深部变富，但 As、$C_{有机}$ 含量也随之升高。此外，对矿区 113 件样品进行的相关分析结果显示，Au 与 Ag、As、Sb、Hg 为正相关关系，表明成矿元素为一套与低温热液活动有关的组合。

2.3　围岩蚀变及成矿期次

矿床围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、粘土化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化、褐铁矿化等，总体表现为浅成低温热液蚀变特征，其中绢云母化、粘土化、碳酸盐化在区内广泛发育。从矿体到围岩有一定的蚀变分带现象，表现为近矿部位硅化、黄铁矿化较强，而远矿部位粘土化、碳酸盐化较发育。但由于受构造破碎以及围岩成分的影响，蚀变分带并不十分明显。

阳山金矿成矿期次可分为热液期和表生期，热液期可分为 4 个成矿阶段：Ⅰ. 无矿石英；Ⅱ. 黄铁矿-石英；Ⅲ. 黄铁矿-毒砂-石英；Ⅳ. 石英-碳酸岩阶段，其中 Ⅱ、Ⅲ 为主要矿化阶段。

3　流体包裹体及同位素地球化学特征

3.1　流体包裹体地球化学

对 19 件样品 62 个流体包裹体进行了显微测温分析，结果表明流体包裹体均一温度范围为 105～310 ℃，主要集中于 150～250 ℃。流体包裹体盐度范围为 1.6 %～10.4 %，主要集中在 1.6 %～6.5 %之间。

流体包裹体成分分析结果表明，流体气相成分以 H_2O 和 CO_2 为主，存在一定量的 CH_4 和 H_2。液相组分中阳离子含量从高到低依次为 Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Li^+，而阴离子以富 Cl^-、贫 F^- 为特点，SO_4^{2-}、HCO_3^- 含量变化较大。

3.2　同位素组成

3.2.1　S 同位素　黄铁矿、辉锑矿的 S 同位素组成测试结果表明，矿石 S 以相对富集 ^{34}S、并且离散性较大为特征 ($\delta^{34}S$ 值为 -3.47 ‰～13.23 ‰)，一般认为 ①这种 S 同位素组成较分散，成矿过程可能存在多个 S 源。本区黄铁矿-石英细脉 $\delta^{34}S$ 值接近矿化千枚岩，而辉锑矿 $\delta^{34}S$ 值接近于再平衡岩浆水热液矿床 (-2 ‰～3 ‰)[3]，显示地层 S 与岩浆 S 均参与了成矿作用。

3.2.2　H、O 同位素　矿石中细小黄铁矿石英脉中石英 H、O 同位素分析结果表明，$\delta^{18}O_{石英}$ 值为 -3.23 ‰～0.41 ‰，δD 值为 -92.4 ‰～-62.9 ‰，按 Clayton 等[4]的公式 $1\,000\ln = \delta^{18}O_{含水矿物} - \delta^{18}O_{H_2O} = 3.38\times$

① 马振东. 应用地球化学 (中国地质大学内部教材)，1988。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$10^6 T^{-2} - 3.4$，计算获得的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值为 $-12.13‰$～$-8.48‰$。

在 $\delta D - \delta^{18}O_{H_2O}$ 图上[5]，矿区矿石 H、O 同位素组成投影点位于大气降水线附近，而 δD 值接近世界不同地区岩浆水（$-85‰$～$-50‰$），显示成矿热液主要为大气降水，而岩浆水在一定程度上也参与了成矿作用。

3.2.3 全岩 C、O 同位素 全岩 C 同位素分析结果表明，矿化石英脉的 $\delta^{13}C_{-PDB}$ 值为 $-8.36‰$～$-2.19‰$，较为离散，据于津生等[6]资料，岩浆来源 C 的 $\delta^{13}C_{-PDB}$ 值上限为 $-4‰$，大于 $-4‰$者暗示有沉积 C 成分，据此认为本区 C 是多来源的，比较接近于岩浆成因 C 的分布范围。另外，矿化石英脉的 $\delta^{18}O_{全岩,-PDB}$ 值为 $-13.54‰$～$-9.06‰$，更接近斜长花岗斑岩脉 $\delta^{18}O_{全岩,-PDB}$ 值（$-9.77‰$～$-9.75‰$），显示成矿作用与岩浆活动有关。

4 矿床成因探讨

1) 阳山金矿 90 %以上的矿体赋存于泥盆系粉砂质千枚岩中，王学明等[7]的分析结果也表明，泥盆系地层中砂质（粉砂质）岩石 Au 含量最高（7.78×10^{-9}），而碳质岩类、泥质岩类、碳酸盐岩含 Au 较低，分别为 4.52×10^{-9}、3.31×10^{-9}、2.61×10^{-9}，Au 含量较高的砂质、粉砂质岩石为金矿的形成提供了有利的物质基础。

2) 矿石中黄铁矿有 2 种，即沉积成因和热液成因，前者呈层状或纹层状，随地层褶皱变形，其形态一般为自形细粒或半自形的立方体，常构成草莓状集合体，该类黄铁矿不构成矿体，但 Au 有明显富集（纹层状黄铁矿化千枚岩中 Au 含量为 0.1×10^{-6}～0.3×10^{-6}），在受到后期热液改造后，该类黄铁矿发生不同程度的重结晶，形成增生环带或承袭草莓状黄铁矿形态形成变余细粒黄铁矿；热液成因的黄铁矿常呈脉状、网脉状，与毒砂、自然金等矿物共生，是主要的载金矿物。

3) 矿带总体展布受安昌河—观音坝断裂带控制，1∶5 万水系沉积物测量表明，金异常沿断裂带呈串珠状大致等间距分布。另外，矿带内矿脉与断裂走向也较为一致，而矿体则产于断裂带中的次级破碎带或顺层剪切带内。

4) 阳山金矿床与侏罗纪早期岩浆活动有着密切的联系，从时间上来看，斜长花岗斑岩脉的 K-Ar 年龄为 171～209 Ma（5 件样品），含 Au 石英脉的 ^{39}Ar-^{40}Ar 坪年龄为（195.40 ±1.05）Ma，二者形成时间基本吻合，即成岩成矿作用均发生于侏罗纪早期。在空间上，矿体一般产于千枚岩与斜长花岗斑岩脉内外接触带附近。

5) 矿床地球化学研究表明，成矿流体为浅成低温热液，以大气降水为主，并有岩浆水参与；S 同位素分析表明，地层 S 与岩浆 S 均参与了成矿作用；C、O 同位素分析结果也表明，成矿作用与沉积岩及岩浆岩均有一定成因联系。

综上所述，阳山金矿是受构造控制、与沉积作用和岩浆活动有成因联系的金矿床，即在泥盆纪本区沉积了一套 Au 含量较高的 C、Si、泥质地层，在沉积成岩及其后的区域浅变质过程中（印支期）Au 被初步富集，与燕山早期岩浆活动有关的成矿热液叠加于其上，并使其中 Au 进一步富集从而形成了阳山金矿，所以阳山金矿应为叠加改造型微细浸染型金矿床。

参考文献：

[1] 杜乐天. 地壳流体与地幔流体间的关系 [J]. 地学前缘. 1996，3 (4)：172-180.

[2] 齐金忠，赵小坡，陈祥，等. 甘肃省文县阳山金矿带成矿规律与找矿方向研究 [A]. 武警黄金地质研究所. 中国西部地区金矿地质学术讨论会论文集 [C]. 北京：冶金工业出版社，2001.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[3] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用 [M]. 西安：陕西科学技术出版社，1985.

[4] Clayton R N, O'Neil J R. Oxygen isotope exchange between quartz and water [J]. J. Geophys. Res., 1979, 77: 3 057-3 067.

[5] Taylor H P. Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits [A]. Barnes H L. Geochemistry of hydrothermal ore deposits [C]. New York: Wiley Intersci, 1979. 236-277.

[6] 于津生，李耀菘. 中国同位素地球化学研究 [M]. 北京：科学出版社，1997.

[7] 王学明，邵世才，汪东波. 甘肃文康地区金矿地质特征与找矿标志 [J]. 有色金属矿产与勘查，1999，8 (4)：220-226.

Geological features and origin of Yangshan supper large gold deposit, Gansu

GUO Jun-hua[1], QI Jin-zhong[2], SUN bin[1], YU Jin-yuan[1], YUAN Shi-song[2]

(1. No. 12 Gold Geological Party of CAPF, Chengdu, Sichuan 610036, *China; 2. Gold Geological Institute of CAPF, Langfang, Hebei* 065000, *China)*

Abstract: Yangshan gold deposit is a supper large gold deposit found in recent years. Four discovered ore area of the deposit all occur in Devonian epimetamorphised, phyllite or limestone. Ore bodies being little undulatory forms in plane and veinlike or bedded forms. Pyrite and arsenopyrite are the main metallic minerals which usually contain micrograined native gold (2～3 μm). As, Sb and C contents in the ore are high, and Au show positive correlation with epithermal ore elements such as Ag, As, Hg, Sb. Studies on geology and geochemistry of the deposit show that the host rock is a suite of carbonaceous, siliceous and argillaceous sediments with higher gold content. Gold was primarily enriched during the sedimentary and the later regional metamorphic process. In the early Jurassic period, magmatic and relevant ore fluid activities superposed in the rocks, and gold was enriched further. Therefore, Yangshan gold deposit is a superposed fine disseminated gold deposit.

Key words: gold deposit; geological features; ore genesis; Gansu

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net